# ارزیابی کمی‌عملکرد اقدامات آبخیزداری (مطالعه موردی: زیر حوزه آبخیز کشار)

• **سیدحمیدرضا صادقی**، استادیار گروه مهندسی آبخیزداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
• **فرود شریفی**، استادیار پژوهشی، پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
• **الهام فروتن**، دانش‌آموختهٔ گروه مهندسی آبخیزداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
• **منوچهر رضایی**، کارشناس ارشد آبخیزداری، مدیریت آبخیزداری استان تهران

**تاریخ دریافت : آذر ماه ۱۳۸۲ تاریخ پذیرش: تیرماه ۱۳۸۳**

## چکیده

**در این مقاله، ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری در بخشی از حوزهٔ آبخیزکن (کشار) به صورت کمی مورد بررسی قرار گرفته است. روشهای کمی مورد استفاده شامل منحنی جرم مضاعف، میانگین متحرک، منحنی تداوم جریان و بررسی رژیم هیدرولوژیکی می‌باشند. به منظور استفاده از این روشها، داده‌های بارندگی و رواناب روزانه درسالهای قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری یعنی به ترتیب سال‌های (۱۳۷۵-۱۳۷۷) و (۱۳۷۷-۱۳۸۰) جمع‌آوری گردید. منحنی جرم مضاعف نمایانگر تاثیر مثبت اقدامات آبخیزداری در کاهش میزان رواناب بوده است. بررسی میانگین متحرک پنج روزه، روند تغییرات بارندگی و رواناب نمایانگر کاهش میزان رواناب در بعد از اقدامات می‌باشد. بررسی منحنی تداوم جریان به وضوح کاهش دبی‌های بالا، افزایش تداوم جریان و کاهش خشکسالی هیدرولوژیکی در زیر حوزهٔ کشار را نشان داد. همچنین در روش رژیم هیدرولوژیکی روند تغییرات بارندگی و رواناب، نمایانگر آرام تر گشتن عکس العمل هیدرولوژیکی حوزهٔ آبخیز مورد نظر می‌باشد. در مجموع عملکرد مثبت اقدامات آبخیزداری در کنترل رواناب منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از روشهای یاد شده به صورت کمی مورد تایید قرار گرفته است.**

**کلمات کلیدی: ارزیابی کمی، اقدامات آبخیزداری، حوزهٔ آبخیز کن، جرم مضاعف، میانگین متحرک، تداوم جریان، رژیم هیدرولوژیکی**

**Pajouhesh & Sazandegi No:65 pp: 9-102**

**Quantitative performance evaluation of watershed management measures(Case Study: Keshar Sub-Watershed)**

*By: S. H. R. Sadeghi1, F. Sharifi2,E. Forootan 3 and M. Rezaee4*

In the present paper the performance evaluation of watershed management measures has been studied in Keshar sub-watershed using quantitative methods viz. double mass curve, moving average, discharge-duration curve and hydrologic regime analysis. To conduct the study, the daily precipitation and runoff data belonging to pre and post periods of implementation of measures i.e. 1996-1998 and 1998-2001 were collected. The double mass curve showed the positive effects of measures in runoff reduction. The reducing trend in runoff values was also verified by 5-days moving average. Studying the developed discharge-duration curve depicted the obvious reduction in high as well as low discharges and an extension in flow duration. Achieving a gradual slow in hydrologic response of the watershed was also confirmed with the help of hydrologic regime analysis. In overall the well performance of the implemented watershed management activities was quantitatively approved by applying the aforesaid techniques.

**Key words**: Quantitative Evaluation, Watershed Management Measures, Kan Watershed, Double Mass, Moving Average, Discharge-duration, Hhydrologic Regime

Archive of SID
Pajouhesh & Sazandegi



www.SID.ir

## مقدمه

افزایش جمعیت در بسیاری مناطق باعث برور مشکلات بسیاری شده و به دنبال آن میزان بهره برداری از منابع طبیعی افزایش یافته است. به طوریکه تخریب منابع طبیعی یکی از معضلات قرن بیست و یکم به شمار می‌رود(۴). آبخیزداری به مجموعهٔ اقدامات مکانیکی، بیولوژیکی و مدیریتی که در یک حوزهٔ آبخیز به منظور ارتقاء وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین حوزه و با توجه به بهره برداری پایدار از منابع آن صورت می‌گیرد، اطلاق شده و بدون شک آبخیزداری یکی از فعالیت‌های عمده و زیربنایی می‌باشد که به مدیریت جامع منابع آب و خاک و پوشش گیاهی، بهره برداری بهینه از این منابع و حفظ سرمایهٔ اصلی می‌پردازد(۱۵). در ایران با جلوگیری از تخریب خاک و کاهش شدت آن و ممانعت از هدررفت آب اقدامات حفاظت آب و خاک از سال ۱۳۲۷ آغاز شده و تاکنون ادامه دارد(۱۵). از آنجایی که اقدامات آبخیزداری در سطح گسترده در کشور دارای سابقه طولانی نمی‌باشد از این رو ارزیابی کمی از نتایج اقدامات به عمل آمده نیز چندان مورد توجه نبوده و روشهای مشخصی نیز به این منظور ارائه نشده است. این درحالی است که ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به منظور تجزیه و تحلیل عملکرد اقدامات و تدوین راهکارهای اصولی یکی از نیازهای اساسی در این زمینه است. بنابر این ضرورت دارد روش‌های کمّی مناسب برای ارزیابی عملکرد اقدامات مورد بحث شناسایی و استفاده شود(۱۶). بررسی پژوهش‌های انجام شده در این زمینه نشانگر این است که Cheng در سال ۱۹۸۹ اقدام به بررسی تغییرات جریان رودخانه بعد از برداشت درختان کاج در حوزهٔ آبخیز Beete-Infsted در جنوب انگلیس به منظور مشخص کردن پیآمدهای مربوط آن کرده است(۸). استفاده از روش آبخیزهای جفتی برای ارزیابی تغییرات جریان رودخانه Camp Creek بعد از قطع یکسره بیش از ۳۰٪ درختان که در حدود ۳۳۹ کیلومتر مربع حوزهٔ آبخیز را شامل می‌گردید در مقایسه با آبخیز شاهد مجاور آن به نام Greata Creek از طریق بررسی اطلاعات هیدرومتری طی سالهای ۱۹۷۶-۱۹۷۱ (قبل از قطع درختان) و ۱۹۸۳-۱۹۷۳ (بعد از قطع درختان) نشان داده است که نتایج حاصل از این روش دارای همخوانی مناسب و قابل قبولی با یافته های حاصل از تحقیقات انجام شده با سایر روشها می‌باشد(۸). بررسی تأثیر عملیات مدیریتی مختلف در سه حوزهٔ آبخیز در ناحیهٔ Illinois آمریکا با بهره گیری از روشهای مختلف آماری پارامتریک و غیر پارامتریک برای آزمون تغییر کیفیت آب و میزان رسوب نشان داده است که اقدامات مدیریتی مورد استفاده در تقلیل رسوب، بی اثر بوده است(۱۴). بخش مهندسی حفاظت آب و خاک (SWCE) دانشگاه Pant هندوستان نیز در سال ۱۹۹۷ مبادرت به ارزیابی کمّی اقدامات آبخیزداری انجام شده با استفاده از روشهای تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، جرم مضاعف، رژیم هیدرولوژیکی، منحنی های تداوم جریان، میانگین متحرک و مدلهای Sacramenta وTank در حوزهٔ آبخیز Ramganga نموده و ضمن ارزیابی بسیار موفق انجام این گونه اقدامات در دستیابی به اهداف پیش بینی آبخیزداری، استفاده از روشهای یاد شده در ارزیابی کمی اقدامات را تاکید نمودند(۱۱). Radwan (۱۵) در منطقهٔ Petra در اردن اقدام به بررسی نقش اقدامات مختلف آبخیزداری با استفاده از مدل آنالیز سیلاب نموده است(۱۵). نتایج این تحقیق نمایانگر تقلیل دبی پیک و حجم سیلاب تا حد ۷۰٪ بوده است Hjelmfelt (۱۲). در حوزهٔ آبخیز Good Water Creek واقع در ایستگاه تحقیقاتی Missouri مرکزی در آمریکا اثر نوار حفاظتی پوشش گیاهی را بر روی رواناب و بار رسوب، با استفاده از یک مدل اساساً فیزیکی و توزیعی[1] بررسی کرده است(۱۲). نتایج بدست آمده از این بررسی نشان داده است که تغییر پوشش گیاهی آبراهه از پوشش گیاهی نامتراکم طبیعی به علفی متراکم موجب کاهش رواناب و رسوب می‌گردد. Cognard - Plancq و همکاران(۹) به ارزیابی نقش پوشش جنگلی روی جریان رودخانه در حوزهٔ آبخیز Mont-Lozer واقع در فرانسه، با استفاده از مدل بارندگی-رواناب روزانهٔ Grhum پرداختند. آنها این مدل را برای حوزهٔ آبخیز مذکور با استفاده از اطلاعات هیدرومتری موجود از سال ۱۹۸۱، مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که این مدل توانایی زیادی برای استفاده در اقلیم ها و توپوگرافی های مختلف دارد، همچنین این مطالعه به توانایی این مدل برای جداسازی و کمی‌کردن اثر پوشش گیاهی بر روی رژیم رودخانه تاکید داشته است.Mori(۱۳) نقش شهرسازی در تغییر شرایط هیدرولوژیکی در حوزه‌های آبخیز Tsurvmi وNagoya در ژاپن طی سالهای ۱۹۵۸ تا ۲۰۰۳ را با استفاده از داده‌های هیدرومتری مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که در طی این مدت میزان رواناب در Tsurvmi بین ۱۰٪ تا ۸۰٪ افزایش یافته است در حالی که در Nagoya توسعهٔ شهر سازی به واسطهٔ افزایش تقاضای آبی باعث کاهش رواناب گردیده است.

در ایران نیز حشمت پور (۳) به بررسی عملکرد عملیات آبخیزداری در کنترل سیلاب حوزهٔ آبخیز غاز محلّه در استان گلستان پرداخته است. او دبی‌های اوج سیلابهای ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله را جهت ارزیابی استفاده نموده و نقش اقدامات افزایش پوشش گیاهی، عملیات مکانیکی و سازه‌ای بر آن را مؤثردانسته است. فرازجو و همیلی(۷) نیز به بررسی تاثیر سدهای اصلاحی توری‌سنگی روی بار معلق حوزهٔ آبخیز زیارت در استان گلستان پرداختند. آنها با استفاده از منحنی تغییرات، میزان بار معلق حوزه را در دو دورهٔ زمانی قبل و بعد از احداث سازه‌ها مورد مقایسه قرار دادند. طبق این بررسی مشخص گردید که در سطح اعتماد ۹۹٪ بین داده های بار معلق حوزه در قبل و بعد از احداث سازه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشته و سازه های توریسنگی برای کاهش بار معلق آبراهه کارایی نداشته‌اند.

در تحقیق حاضر به منظور دستیابی به ارزیابی کمی عملکرد اقدامات آبخیزداری از روش‌هایی که استفاده از آنها با انجام پژوهشهای زیربط در نقاط مختلف جهان به تأیید رسیده و همچنین با توجه به نوع اطلاعات موجود در کشور قابل کاربرد می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیق حاضر با توجه به موجودیت آمار ثبت شده سیل در قبل و بعد از اقدامات، سیل خیز بودن منطقه و همچنین تنوع و اطلاعات مدون اقدامات آبخیزداری انجام شده در راستای تقلیل خطر سیل، در بخشی از حوزه آبخیز کن انجام شده است.



Archive of SID
www.SID.ir

## مواد و روشها

### ویژگی‌های منطقهٔ مورد مطالعه

حوزهٔ آبخیز کن یکی از زیر حوزه‌های آبخیز مرکزی کشور می‌باشد که در استان تهران واقع شده است. این آبخیز از شمال به سلسله جبال البرز، از جنوب به شـــهر تهران، از غرب به کوههای پهن حصار و کدکو، از شـــرق به بند عیش محدود شده است و بین طولهای جغرافیایی ´۱۰ °۵۱ الی ´۲۲ °51 و عرضهای جغرافیایی ´۴۶ و °۳۵ الی ´۵۷ °۳۵ قرار دارد(شـــکل ۱). رودخانه اصلی در این آبخیز از به هم پیوســـتن سر شاخه‌های کشار ، سنگان ، رندان و کیگا تشکیل می‌گردد. سر شاخهٔ کشار که اقدامات آبخیزداری اجرا شده در آن مورد ارزیابی قرار گرفته است مساحتی حدود ۲۸۴۰ هکتار دارد. زیر حوزهٔ کشار دارای یک ایستگاه باران سنجی در نزدیکی روستای کشا[illegible] یک ایستگاه هیدرومتری در محل خروجی زیر حوزه می‌باشد. برخی [illegible] مشخصات مهم زیر حوزهٔ کشار در جدول ۱ و شرح اقدامات آبخیزداری انجام شده در آن شامل سدهای توریسنگی و خشکه چین، تراسبندی، کپه کاری، بذر پاشی و کود [illegible] در جدول۲ ارائه شـــده است. اجرای این اقدامات در سال ۱۳۷۷ آغاز [illegible] سال ۱۳۸۰ به پایان رسیده است

## روش تحقیق

از آنجایی که اقدامات آبخیزداری در زیر آبخیز کشار در سال۱۳۷۷ شروع و در سال ۱۳۷۸ به پایان رسیده است، از این رو به منظور ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری سالهای ۱۳۷۷-۱۳۷۵ به عنوان دورهٔ قبل از اقدامات آبخیزداری و سالهای ۱۳۸۰-۱۳۷۸ به عنوان دورهٔ بعد از اقدامات در تحقیق حاضر مدنظر قرار گرفته اســـت. روشـــهای جرم مضاعف[2]، میانگین متحرک[3]، منحنی تداوم جریان[4] و رژیم هیدرولوژیکی[5] و بر اســـاس روش کار ارائه شـــده توسط بخش مهندسی حفاظت آب و خاک دانشگاه Pant هندوستان(۱۹۹۷) برای دستیابی به هدف پژوهش یعنی ارزیابی کمی‌عملکرد اقدامات آبخیزداری در منطقه مورد مطالعه اســـتفاده شده است. شایان ذکر اســـت که با توجه به روشهای انتخاب شـــده از آمار بارندگی و رواناب روزانهٔ مربوط به سالهای قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری در قالب ۱۸۲۶ واقعه استفاده گردیده است.

### روش جرم مضاعف

از آنجایی که از روش جرم مضاعف برای بررســـی همگنی داده‌ها استفاده گردیده و در واقع تعیین کننده زمان و میزان تغییرات می‌باشد(۱۴)، از این رو امکان استفاده از آن در تشخیص کمی و زمان اثر تغییرات بوجود آمده در حوزه آبخیز در اثر انجام اقدامات آبخیزداری در صورت ثبات نسبی سایر عوامل ورودی به ســـامانه آبخیز ممکن می‌باشد(۱۰). خطوط برازش یافته بر نقاط منحنی در قبل و بعد از نقطهٔ شکســـتگی بیانگر تاثیر مثبت یا منفی اقدامات آبخیزداری می‌باشد. برای استفاده از این روش، آمار روزانهٔ بارندگی و رواناب زیر آبخیز کشار در قبل و بعد از اقدامات جمع‌آوری و ســـپس مقادیر تجمعی بارندگی حوزه در مقابل مقادیر تجمعی رواناب آن روی محور مختصات منتقل گردید و خط بهینه بر هر یک از قســـمت های قبل و بعـــد از اجرای عملیات و اقدامات آبخیزداری برازش داده شـــد. خطوط برازش یافته بر نقـــاط منحنی در قبل و بعد از نقطهٔ شکستگی بیانگر تاثیر مثبت یا منفی اقدامات آبخیزداری می‌باشد.

### روش میانگین متحرک

بـــه منظور مقایســـه روند تغییـــرات بارندگی و روانـــاب و اطمینان از عدم تاثیرپذیری رواناب از تغییرات احتمالی ایجاد شده در بارندگی از روش میانگین متحرک یا لغزان اســـتفاده می‌شـــود. در این روش با استفاده از آمار بارندگی و رواناب روزانه، میانگین متحرک پنج روزهٔ بارندگی و میانگین متحرک پنج روزهٔ رواناب محاســـبه می‌گردد(۱۰). به طوری که برای ارزیابی بهتر، دو منحنی بر روی یک نمودار ترسیم و روند تغییرات در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می‌گردد.

### روش منحنی تداوم جریان

[illegible] استفاده از این روش آمار دبی حوزهٔ مورد نظر در سالهای قبل به تعداد [illegible] روز و بعد از اقدامات به تعداد ۷۳۱ روز مد نظر قرار گرفته و با اســـتفاده از رابطه [illegible] احتمال تجربی وقوع ســـیلاب‌های مساوی یا بزرگتر از حد مورد نظر در [illegible] زمانی (سالهای قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری) به دست آورده می‌شوند. [illegible] تداوم جریان (منحنی تداوم جریان در سالهای قبل از اقدامات و منحنی [illegible] جریان در سالهای بعد از اقدمات آبخیزداری) به منظور

جدول ۱: خلاصهٔ مشخصات زیر آبخیز کشار

| مساحت (هکتار) | ارتفاع متوسط (متر) | شیب متوسط حوزه (درصد) | شیب متوسط وزنی آبراهه‌ها (درصد) | فرسایش [illegible] (تن بر کیلومتر مربع) |
|---|---|---|---|---|
| ۲۸۴۰ | ۲۲۸۲ | ۳۵ | ۱۶/۷۱ | ۹۵۹/۳۲ |

ماخذ: سازمان جهاد سازندگی استان تهران(۱۳۷۶، الف)

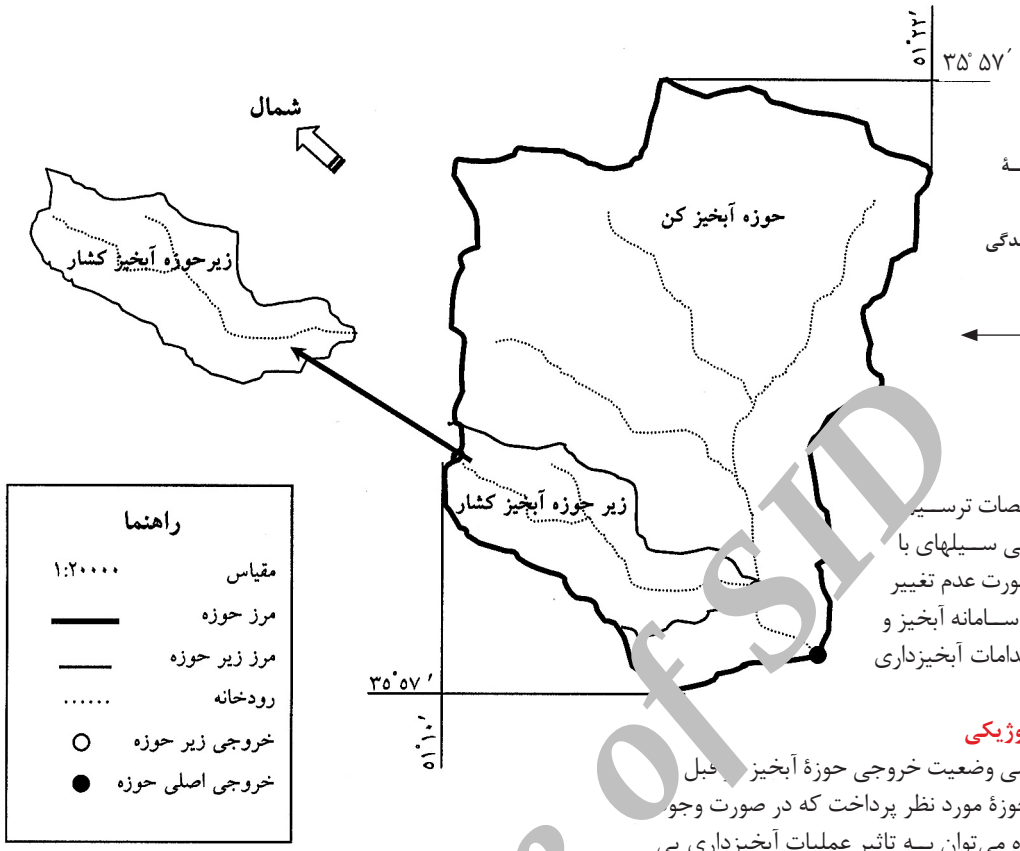
جدول ۲: خلاصهٔ اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی انجام شده در زیر آبخیز کشار

| تعداد سدهای توریسنگی | تراسبندی (متر مکعب) | سد خشکه چین (متر مکعب) | کپه کاری مراتع (هکتار) | بذر پاشی مراتع (هکتار) | کودپاشی مراتع (هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲۶۶ | ۳۸۲۱ | ۹۰۲ | ۱۳۸/۵ | ۱۷۸ | ۱۳۶/۵ |

ماخذ: سازمان جهاد سازندگی استان تهران(۱۳۷۶،ب)



Archive of SID
www.SID.ir




شکل۱: موقعیت مکانی منطقهٔ مطالعاتی کشار در حوزهٔ آبخیز کن (اقتباس از سازمان جهاد سازندگی استان تهران،۱۳۷۶الف)

مقایسه بر روی یک محور مختصات ترسیم می‌گردند و هرگونه تغییر در بزرگی سیلهای با دوره برگشت به خصوص در صورت عدم تغییر چشمگیر در عوامل ورودی به سامانه آبخیز و خصوصاً بارندگی موئد عملکرد اقدامات آبخیزداری می‌باشد(۱۰).

## روش رژیم هیدرولوژیکی

در این روش می‌توان به بررسی وضعیت خروجی حوزهٔ آبخیز قبل بعد از اقدامات آبخیزداری در حوزهٔ مورد نظر پرداخت که در صورت وجود اختلاف فاحش بین این دو دوره می‌توان به تاثیر عملیات آبخیزداری پی برد(۱۰). در این روش ابتدا بارندگی و رواناب روزانه در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری را جداً کرده، سپس با استفاده از نسبت بین هر یک از داده‌ها به میانگین آن در دورهٔ مورد نظر، نمودار آن ترسیم می‌گردد. این روش در واقع وضعیت خروجی حوزه آبخیز در مقایسه با مقادیر متوسط آن در درازمدت را ارزیابی می‌کند.

## نتایج

به منظور استفاده از روشهای کمی ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری ارائه شده در بخش روش کار شامل منحنی جرم مضاعف، میانگین متحرک پنج روزه، منحنی تداوم جریان و رژیم هیدرولوژیکی، در ابتدا کلیه داده‌های بارندگی و دبی روزانه سیلاب مربوط به قبل و بعد از اقدامات به ترتیب برابر ۱۰۹۵ و ۷۳۱ و مجموعاً به تعداد ۱۸۲۶ عدد جمع‌آوری گردید. سپس تساوی آماری میانگین داده‌های مربوط به مقادیر بارندگی در قبل و بعد از انجام اقدامات آبخیزداری با استفاده از آزمون t ارزیابی و فرضیه تساوی میانگین‌های آنها مورد تایید قرار گرفت. از آنجایی که طبق تحقیقات محلی و گزارشهای موجود، مدیریت‌ها و تغییرات بوجود آمده در حوزه آبخیز مورد مطالعه طی دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۷ عمدتا در قالب طرح‌های آبخیزداری صورت پذیرفته است لذا نتایج ارائه شده در ذیل و هرگونه تغییر احتمالی را می‌توان ناشی از عملکرد آن اقدامات به حساب آورد. نتایج به دست آمده از داده‌های مورد استفاده به طرق مختلف کمّی اشاره شده به ترتیب در اشکال ۲ تا ۵ نشان داده شده است.

## بحث

### بررسی منحنی جرم مضاعف بارندگی

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، منحنی جرم مضاعف بارندگی دارای تغییر شیب زیادی می‌باشد. اما در یک نقطه شکستگی واضحی در این نمودار مشاهده می‌گردد. بنابراین به آنکه تنها تغییر بوجود آمده در حوزه طی دوره مورد مطالعه ناشی از اقدامات آبخیزداری بوده و همچنین زمان تغییرات نیز با زمان اتمام آنها تطابق داشته و از طرفی شرایط حاکم بر حوزه آبخیز نیز از ثبات نسبی برخوردار می‌باشد لذا تغییر بوجود آمده را می‌توان ناشی از اثر اقدامات آبخیزداری به حساب آورد. به عبارتی در این زیر حوزه آبخیز ۳۵۰ روز(نزدیک یکسال) بعد از انجام اقدامات آبخیزداری، تاثیر آن واضح شده که در واقع زمان آغاز چرخهٔ سالانهٔ هیدرولوژی حوزهٔ آبخیز در سال بعد از اقدامات می‌باشد. از آنجایی که شیب خط برازش یافته بر نقاط منحنی در بعد از نقطهٔ شکستگی کمتر از شیب خط برازش یافته بر نقاط منحنی در قبل از این نقطه باشد، نمایانگر تاثیر مثبت اقدامات آبخیزداری در زیر حوزهٔ مورد بررسی است(۱۰). این مطلب با توجه به ضریب زاویه‌های خطوط برازش داده شده بر سری داده‌ها در دو دورهٔ قبل و بعد از اقدامات روابط به خوبی واضح می‌باشد. همان‌گونه که در روابط (۱) و (۲) نشان داده شده است، شیب خط برازش یافته در قبل از اقدامات ۰/۲۲ بوده، حال آنکه در بعد از اقدامات به ۰/۱۶ تقلیل و به بیان دیگر شیب خط برازش یافته به مقدار ۰/۰۶ کاهش یافته است. همچنین در رابطهٔ (۲) بیشتر بودن مقدار عرض از مبدأ (عدد ثابت) نسبت به رابطهٔ (۱) و در مقایسه با روابط عمومی‌حاکم بر مدلهای بارش-رواناب نشان دهندهٔ افزایش



Archive of SID
www.SID.ir

جریان پایه و پایداری بیشتر جریان در بعد از اقدامات آبخیزداری می‌باشد.

رابطـه (۱) $Y=0/22-9/43$

رابطـه (۲) $(Y=0/16X+97/40)$

کـه در آنها Y رواناب تجمعی (متر مکعب بر ثانیه) و X بارندگی تجمعی (میلی‌متر) می‌باشند.

## بررسی منحنی میانگین متحرک

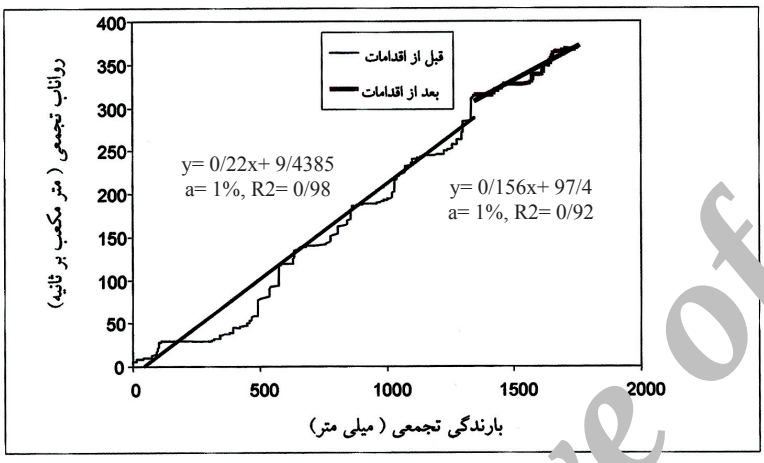
مقایسـهٔ رونـد تغییرات بارندگـی و روا... اسـتفاده از منحنـی میانگین متحرک پنج روزهٔ تر... شـ... آنها در شـکل۳، نشان می‌دهد که دامنهٔ تغییرات دبی ر... ب در قبل از اقدامـات آبخیزداری زیادتر بوده و با انجام ا... ت به ت... ج دامنهٔ تغییرات کمتر گردیده است. این موضوع مبین... است که دبی رواناب تدریجاً به یک حالت پایدار سوق می‌یابد و ا... بدان معناست که اقدامات آبخیزداری در منطقهٔ مورد نظر مؤثر واقع گشته است. همچنین با مقایسهٔ فصول بهار در قبل و ب... از اقدامات آبخیزداری مشاهده می‌گردد که دبی اوج رواناب در بعد از اقدامات آبخیزداری نسبت به قبل از اقدامات آبخیزداری کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته، که این امر نیز نشان دهندهٔ تاثیر مثبت اقدامات آبخیزداری است. مضافاً آنکه تاثیر پذیری دبی از بارندگی در قبل از اقدامات به واسـطه فراز و نشیبهای زیاد در میانگین، بیشتر بوده ولی در بعد از اقدامات آبخیزداری این تاثیر پذیری به دلیل ایجاد شـرایط یکنواخت تر کمتر شـده است. به منظور مقایسـهٔ دو دورهٔ قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری، میانگین و واریانس و ضریب تغییرات مقادیر به دست آمده از روش میانگین متحرک پنج روزه محاسبه و در جدول ۳ آورده شده است.

همان‌طـور که در جدول ۳ مشـاهده می‌شـود، ضریب تغییـرات بارندگـی در بعد از اقدامات افزایش یافته و نشـان دهنـدهٔ نامنظم‌تر شـدن رژیـم بارندگی در بعـد از اقدامات بوده،حال آنکه مقادیر میانگیـن، واریانس و ضریب تغییرات روانـآب در بعد از اقدامات آبخیزداری کمتر شـده که این امر نشان دهندهٔ تاثیر مثبت اقدامات آبخیزداری در منطقهٔ مورد نظر می‌باشد. همانگونه که سابقاً ذکر شد اختلاف بین مقادیر بارندگـی در دو دوره قبل و بعد از اقدامات بر اسـاس آزمون t انجام شده معنی‌دار نمی‌باشدکه این خود دلیلی بر ثبات نسبی ورودی به سامانه آبخیز مورد مطالعه است.

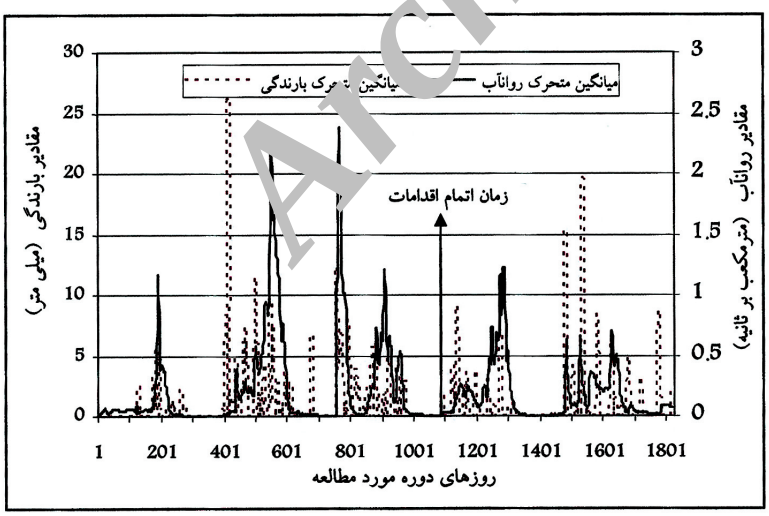
## بررسی منحنی تداوم جریان

از بررسی و تدقیق در دو نمودار تداوم جریان ارائه شده در شکل۴ مربوط به قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری به سادگی می‌توان اسـتنباط نمود که در قبل از اقدامات احتمال وقوع سیلاب با دبی زیاد در منطقه نسبت به بعد از اقدامات بیشتر و همچنین احتمال وقوع کم آبی (خشکسالی هیدرولوژیکی) در قبل از اقدامات بیشتر بوده و این امر نشان دهندهٔ تهدید محتمل‌تر منطقهٔ مورد نظر در قبل از اقدامات به وسـیله سیل و یا خشکسالی می‌باشد. حال آنکه این مقادیر حد در دوره پس از اقدامات تا حد زیادی تعدیل گردیده است. نتایج بدست آمده در این بخـش ضمن تایید عملکرد مثبت اقدامات آبخیزداری در منطقه، موید توانایی روش منحنی تداوم جریان در تحلیـل کمی وقایع هیدرولوژیکی در دوره‌های مختلف می‌باشد. جدول ۴ مقادیر رواناب به ازای برخی از دورهٔ برگشتها در دورهٔ قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری را نشان می‌دهد.

مقایسـهٔ مقادیر دبی در قبل و بعد از اقدامات نشـان می‌دهد که در بعد از اقدامات نسـبت به قبل از آن، مقدار رواناب به ازای دورهٔ برگشتهای پایین افزایش و به ازای دورهٔ برگشتهای بالا کاهش یافته است. این امر نشان دهندهٔ




شکل ۲: مقایسه منحنی ... مضاعف بارندگی- رواناب در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری




شکل ۳: مقایسه منحنی میانگین متحرک پنج روزه بارندگی و رواناب در زیر حوزه کشار

Archive of SID



www.SID.ir

تاثیر مثبت اقدامات آبخیزداری در کاهش سیل های مخرب و خشکسالی در منطقه می‌باشد. همچنین با دقت در شکل ۴ مشاهده می‌شود که برای مثال دبی با احتمال وقوع پنجاه درصد(دوره برگشت دو سال) به ترتیب در قبل و بعد از اقدامات برابر ۰/۰۴۲ و ۰/۲۴ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. با مقایسهٔ این دو نقطه در نگاه اول به نظر می‌رسد که اقدامات آبخیزداری مؤثر نبوده است زیرا با احتمال وقوع برابر میزان دبی در بعد از اقدامات افزایش یافته اما با کمی دقت ملاحظه می‌شود که اقدامات آبخیزداری تنها تداوم وقوع سیلهای کوچک و نزدیک به مقادیر میانگین را افزایش داده که [illegible] یکی از اهداف آبخیزداری مورد توجه می‌باشد به عبارت دیگر در قبل از اقدامات در منطقه گاهی شکست و گاهی سیلاب رخ می‌داده در حالیکه بعد از اقدامات آبخیزداری داده‌ها توزیع مناسب‌تری پیدا کرده‌اند منطقه به سمت تعادل طبیعی خود حرکت می‌کند. مشخصات آماری مقادیردبی در قبل و بعد از اقدامات در جدول ۵ خلاصه گردیده است.

همانطور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، علیرغم افزایش میانگین در بعد از اقدامات، مقادیر واریانس، چولگی و کشیدگی داده‌ها کاهش یافته است. این تغییرات بیانگر آن است که در بعد از اقدامات، داده‌های منحنی طبیعی‌تر گشته و این نشان دهندهٔ روند حرکت منطقه به سوی تعادل طبیعی و طبعاً کاهش احتمال وقوع کم آبی و سیلاب است.

## بررسی منحنی رژیم هیدرولوژیکی

با توجه به منحنی رژیم هیدرولوژیکی(شکل ۵)، نکات زیر را می‌توان استنباط نمود که تغییرات نسبت روانآب روزانه به روانآب میانگین در قبل از اقدامات آبخیزداری زیادتر بوده و در بعد از اقدامات این آشفتگی کمتر شده است. این موضوع نشان دهندهٔ روند حرکت تولید روانآب به سمت تعادل طبیعی می‌باشد. همچنین با مقایسهٔ نسبتهای روانآب روزانه به روانآب میانگین بدست آمده در بعد از اقدامات آبخیزداری نقاطی مشاهده می‌گردد که دارای نسبت بارندگی روزانه به میانگین بارندگی تقریباً برابر با دوره قبل از اقدامات بوده ولی نسبت روانآب روزانه به میانگین روانآب آنها کمتر و موید روند کاهنده دبی روانآب می‌باشد. این امر نشان‌دهندهٔ تاثیر مثبت اقدامات آبخیزداری و به عبارتی عکس العمل هیدرولوژیکی آرام حوزهٔ آبخیز در بعد از اقدامات و همچنین امکان ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری با این شیوه است. تجزیه و تحلیل انجام شده(جدول ۶) در رابطه با ضریب روانآب برای دو دوره مورد نظر نیز نشان‌دهنده تقلیل این ضریب از ۰/۶۶ به ۰/۶۳ به ترتیب در قبل و بعد از انجام اقدامات می‌باشد.

**جدول ۳: میانگین و واریانس مقادیر روانآب و بارندگی به دست آمده از روش میانگین متحرک پنج روزه در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری**

| دورهٔ مورد نظر | میانگین روانآب (متر مکعب بر ثانیه) | واریانس روانآب | ضریب تغییرات روانآب | میانگین بارندگی (میلی‌متر) | واریانس بارندگی | ضریب تغییرات بارندگی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| قبل از اقدامات | ۰/۲۲۲ | ۰/۱۵۴ | ۱/۷۶ | ۱/۰۱۵ | ۶/۳۰۲ | ۲/۴۷ |
| بعد از اقدامات | ۰/۱۷۴ | ۰/۰۵۱ | ۱/۲۹ | ۰/۸۲۶ | ۵/۳۲۵ | ۲/۷۹ |

**جدول ۴: مقادیر روانآب به ازای دورهٔ برگشتهای مختلف(متر مکعب بر ثانیه)**

| دورهٔ برگشت(سال) | ۲ | ۵ | ۱۰ | ۲۰ | ۵۰ | ۱۰۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| قبل از اقدامات آبخیزداری | ۰/۰۴۰ | ۰/۳۸ | ۰/۷۰ | ۱/۰۸۷ | ۱/۵۴ | ۲/۱۷۷ |
| بعد از اقدامات آبخیزداری | ۰/۲۴ | ۰/۵۸ | ۰/۷۳ | ۰/۸۸ | ۱/۳۲ | ۱/۶۲ |

**جدول ۵: مشخصات آماری مقادیردبی در دو دورهٔ قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری(متر مکعب بر ثانیه)**

| دورهٔ | تعداد داده | حداکثر | حداقل | میانگین | واریانس | چولگی | کشیدگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قبل از اقدامات | ۱۰۹۵ | ۲/۵۲۸ | ۰/۰۰۱ | ۰/۲۲۲ | ۰/۱۶۲ | +۲/۷۵۲ | ۸/۷۱۱ |
| بعد از اقدامات | ۷۳۱ | ۱/۸۴ | ۰/۰۳ | ۰/۳۴۵ | ۰/۱۰۳ | +۱/۸۹۹ | ۴/۳۶۶ |

**جدول ۶: مقادیر ضریب روانآب در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری در زیر حوزهٔ کشار**

| دورهٔ مورد نظر | ارتفاع [illegible] بارندگی (متر) | ارتفاع کل روانآب(متر) | ضریب روانآب |
|---|---|---|---|
| قبل از اقدامات آبخیزداری | ۱/۱ | ۰/۷۳ | ۰/۶۶ |
| بعد از اقدامات آبخیزداری | ۰/۶۰ | ۰/۳۸ | ۰/۶۳ |

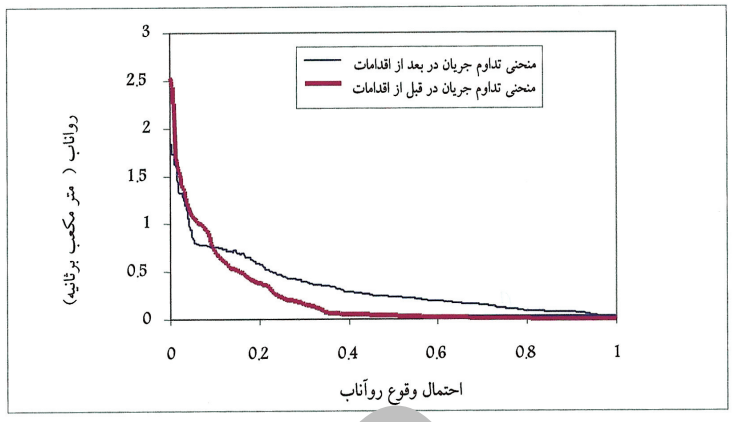
## جمع‌بندی

در تحقیق حاضر ارزیابی کمی‌عملکرد اقدامات آبخیزداری با استفاده از روشهای منحنی جرم مضاعف، رژیم هیدرولوژیکی، میانگین متحرک پنج روزه و منحنی تداوم جریان صورت گرفت. همانگونه که سایر منابع مرتبط (۱۷،۱۳،۱۱،۹،۷،۳) اظهار نموده‌اند هر یک از روشهای به کار گرفته شده به نحوی نقش مثبت اقدامات آبخیزداری در تقلیل روانآب را تایید نموده و به عنوان روشهایی مناسب جهت ارزیابی کمی عملکرد اقدامات آبخیزداری محسوب می‌شوند. دوره آماری کوتاه چند ساله مربوط به قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری از مشکلات تحقیق حاضر بوده و لذا تداوم پایش در راستای دستیابی به آمار طولانی مدت و بررسی عملکرد دراز مدت اقدامات آبخیزداری در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌گردد. همچنین انجام تحقیق مشابه در سایر حوزه های آبخیز کشور با گستردگی بیشتر اقدامات و اهداف با روشهای موجود و حتی روشهای کیفی تاکید می‌گردد.

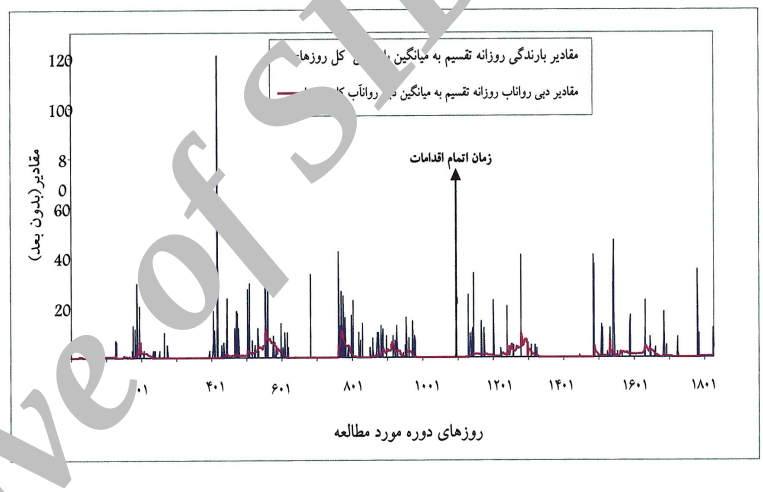
Archive of SID



www.SID.ir




**شکل۴: وضعیت منحنی [illegible] قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری**




**شکل ۵: وضعیت رژیم هیدرولوژیکی در مقایسه با بارندگی در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری**

## پاورقی ها

1- Physically Based and Distributed modols
2-Double Mass Curve
3-Moving Average
4-Discharge - Duration Curve
5-Hydrological Regime
6-Weibul

## منابع مورد استفاده


۱-احمدی،ح.، ۱۳۷۸.، ژئومورفولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، دورهٔ دوم، جلد اول، صفحات ۱-۱۰.
۲-بهبهانی،س.م.، ۱۳۸۰.، هیدرولوژی آبهای سطحی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۵ ص.
۳-حشمت پور،ع.، ۱۳۸۱.، بررسی عملکرد اقدامات آبخیزداری در کنترل سیلاب حوزهٔ آبخیز غاز محله(استان گلستان)، مجموعهٔ خلاصهٔ مقالات اولین همایش نقش و جایگاه آبخیزداری در توسعهٔ منابع طبیعی و کشاورزی حاشیهٔ خزر، صفحه ۹۶.
۴-رفاهی،ح.ق.، ۱۳۷۸.، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، دورهٔدوم، صفحه ۲.
۵-سازمان جهاد سازندگی استان تهران مدیریت آبخیزداری،۱۳۷۶الف، طرح آبخیزداری حوزهٔ آبخیز کن(مرحلهٔ تفصیلی، اجرایی)، گزارش فیزیوگرافی، ۲۸۴ص.
۶-سازمان جهاد سازندگی استان تهران مدیریت آبخیزداری، ۱۳۷۶.، ب،طرح آبخیزداری حوزهٔ آبخیز کن(مرحلهٔ تفصیلی، اجرایی)، گزارش اقدامات مکانیکی و بیولوژیکی،۵۰ص.
۷-فراز جوح. و خلیلی زاده،م.، ۱۳۸۱.، بررسی تاثیر سدهای اصلاحی توری سنگی روی بار معلق حوزهٔ آبخیز زیارت، مجموعهٔ مقالات ششمین کنفرانس مهندسی رود خانه اهواز، صفحه ۱۵۸.
8- Cheng, J.D., 1989. Stream flow changes after clear cut logging of a pine beetle-Infested watershed In southern British Columbia, Canada, Journal of Water Resources Research ,25(3):449-456.
9-Cognard-Plancq, A.L., Marc,V., Didon-Lescot, J.F., and Normand, M.,2001.,The role of forest cover on stream flow down sub-Mediterranean mountain watersheds: A modeling approach, Journal of Hydrology,254(2001):229-243.
10-Das, G., 2000., Hydrology and soil conservation engineering, Prentice-Hall of India Private Limited Pub., 489p.
11-Department of Soil and Water Conservation Engineering .SWCE, G.B.P.U.A and T., 1997.,Evaluation of soil and water conservation measures, 250 p.
12-Hjelmfelt, A., 1999., Modeling hydrologic and water quality responses to grass waterways, Journal of Hydrologic Engineering, 4(3):251-256.
13-Mori, K., 2003.,Changes in water balance attendant upon urbanization toward sustainable use of water Resources, In Proceeding of Inter[illegible]al Conference on Rational Use and Conservation[illegible] Water Resources In Changing Environm[illegible]nt, 10-15 July 2003,Armenia.
14-Mutreja, K. N., 1990., Applied hy[illegible]logy, TATA McGraw-Hill publishing co[illegible] limite[illegible]959p.
15- Radwan, A., 1999., Flood [illegible]na[illegible]ys[illegible]d mitigation for an area in Jordan, Journal of Water Resources and Management, 125(3):170-177.
16-Rajora, R., 1998. Integrated watershed management, A Field Manual for Equitable, Productive and Sustainable Development, Rawat Publication, New Delhi, India, 616p.
17-Walker, J. F., 1994., Statistical techniques for assessing water –quality effects of BMPs, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 120(2): 334-347.




Archive of SID
www.SID.ir